



## **Rapport de mission au Kenya du 27 Septembre au 4 octobre 2008**

---

Mission d'appui auprès de la Kenyan Sugar Research foundation (KESREF) en  
Modélisation de la croissance de la Canne à Sucre.



**Jean-François Martiné**  
Ecophysiologie/Modélisation – Canne à sucre  
Unité de Recherches « Systèmes de culture annuels »  
Département Persyst  
Cirad - Réunion  
Octobre 2008

## **Remerciements.**

Je tiens à remercier toutes les personnes rencontrées à l'occasion de cette mission, tous les membres du KESREF et plus particulièrement le Dr G. Okwach, Directeur du KESREF, ainsi que Mrs caroline Agosa Kirungu pour son accueil et toutes les visites très bien organisées des stations et des laboratoires de Kibos et Mtwapa.

Mes remerciements vont aussi au Directeur et aux chercheurs de l'Icpac et du département d'agrométéorologie de l'université de Nairobi., ainsi qu'au Directeur régional du CIRAD, Denis Depommier pour son accueil, ses conseils et l'organisation logistique. Je remercie également la DRS, qui par une action incitative, a permis de financer partiellement cette mission.

## **Rappels**

La filière canne à sucre kenyane a traversé ces dernières années une période particulièrement difficile due à des coûts de production très élevés et des rendements médiocres. Le potentiel d'amélioration paraît réel à condition qu'une véritable restructuration et réorganisation du secteur sucrier s'opère. Un plan stratégique a été récemment établi par le Kenyan Sugar Board (KSB) et les autorités locales. Ce plan intègre en particulier le renforcement de la recherche au sein d'une jeune institution, la KESREF. Le renforcement de cette recherche nécessite des collaborations fortes avec d'autres institutions de recherches, Kényanes ou internationales.

A ce titre, une coopération entre le CIRAD et le KESREF a récemment été établie. Elle fait suite aux multiples contacts pris par le directeur régional Afrique australe du CIRAD avec les organismes kenyans (KESREF et Kenya Sugar Board), et aux récentes missions exploratoires au Kenya de Régis Goebel, correspondant de la filière canne à sucre (octobre 2006) et Pierre Langellier, agronome de l'UR5 (mars 2007). Du côté KESREF, le directeur de cet organisme George Okwach a déjà visité 2 fois le CIRAD, à Montpellier (Novembre 2006) et à la Réunion (en octobre 2007), dernière visite qui s'est concrétisée par la signature d'une lettre d'intention pour une coopération régionale.

Les deux institutions, ont émis le besoin d'établir des collaborations en entreprenant des programmes de recherche communs et en échangeant des chercheurs. Parmi les thématiques envisagées, l'utilisation de la démarche modélisation de la canne à sucre et de ses applications potentielles a été jugée prioritaire.

Pour mettre en place une collaboration sur la thématique « modélisation », deux missions de J.F. martiné du CIRAD puis de Caroline Agosa Kirungu du KESREF ont été prévues. Ces missions sont financées partiellement par deux actions incitatives du CIRAD et par le KESREF.

## **Objectifs de la Mission et Taches**

Le principal objectif de cette mission était de mettre en place une collaboration scientifique dans le domaine de la modélisation de la canne à sucre avec la Kenya Sugar Research Foundation (KESREF). Cette collaboration concernant la démarche de modélisation comporte une formation et la mise en place d'un programme de collaboration scientifique.

Durant cette 1<sup>ère</sup> mission, les activités suivantes devaient être réalisées :

- 1/ Formation de courte durée de Caroline Kirungu (Etudiante en Msc) sur le modèle MOSICAS, la plateforme de simulation et les différents exemples d'application actuels et futurs ;
- 2/ Examen des données disponibles sur le climat, les sols, et le comportement de la culture (croissance de la canne) où les données climatiques existent (test du modèle et première calibration)
- 3/ Identifier les expérimentations ou mesures particulières à entreprendre pour adapter le modèle, en fonction des données déjà disponibles.
- 4/ Identifier les actions en fonctions des applications potentielles et souhaitées, et des données disponibles..
- 5/ Etablir un programme de collaboration sur la modélisation incluant un stage scientifique à la Réunion, une formation sur Masicas avec des cas spécifiques à résoudre au Kenya.

## **Programme de la Mission**

Samedi 27/10

Voyage Réunion Nairobi

Dimanche 28/09

Voyage Nairobi Kisumu

Discussions (Mrs Caroline Agosa Kirungu)

Lundi 29/09 (Station de Kibos)

Discussions (Dc. Rono, Mr E. Shikanda, Mrs C.A. Kirungu)

Visite de la station (expérimentations et station météo)

Mardi 30/09 (satation de Kibos)

Visite de la station (Laboratoires)

Présentation du modèle aux checheurs du KESREF.

Discussions (Dc. G. Okwach, Dc. Rono, Mr S. Muturi, Mrs C.A. Kirungu)

Mercredi 1/10 (Kisumu) Journée Fériée

Formation Mrs C.A. Kirungu (Masicas)

Discussions (Dc. G. Okwach et Mrs C.A. Kirungu)

Jeudi 2/10

Voyage Kisumu-Nairobi

Visite Université Nairobi et ICPAC (Igad Climate Prediction and Applications Centre)

Discussions Master et collaborations potentielles

Voyage Nairobi-Mombasa

Vendredi 3/10

Visite station d'hybridation et sélection de Mtwapa (Expérimentations et Laboratoires)

Discussions sur le programme de sélection.

Voyage Mombasa-Nairobi

Samedi 4/10

Voyage Nairobi-Réunion

Personnes rencontrées :

KESREF

- Dr. G.E. Okwach, Director (KESREF)
- Dr. J. Rono, Assistant Director. In charge of the Crop Development Program.
- Mr. E. Shikanda, Crop Development Program - Plant Breeding.
- Mrs C.A. Kirungu, Crop Development Program - Agrometeorology.
- Mr. S. Muturi, Agricultural Engineering Program – Irrigation and drainage.
- Mr E. Oginjo, In charge of Mtwapa station, Breeding.

ICPAC et University of Nairobi (Agrometeorology Department)

- Prof. Ongallo Director of ICPAC
- Dr C. Oludhe (Lecturer at the Agrométéorology Department)
- Dr C. Lukorito (Lecturer at the Agrométéorology Department)

CIRAD (Délégation régionale Afrique de l'Est et Australe)

- Dr. D. Depommier

## **Présentation de la modélisation et de l'outil**

La présentation de l'approche modélisation à l'ensemble des scientifiques du KESREF concernait les points suivants :

- Description du Modèle de croissance Canne à Sucre Mosicas mis au point par le CIRAD.
- Utilisations/applications potentielles du modèle, pour la recherche ou le développement.
- Données nécessaires selon les différentes actions réalisées (Voir MDS en Annexe ???).

Les scientifiques se sont montrés très intéressés par cette approche qui peut être utilisée soit pour des questions de développement en donnant des tendances, soit pour affiner, mieux exploiter et intégrer leurs résultats d'essais.

L'intégration des résultats expérimentaux (climats, sols, cycles, variétés...) est absolument nécessaire pour plusieurs raisons. Les résultats de croissance et développement permettent d'adapter le modèle aux conditions Kényanes et fournir un outil d'aide à la décision plus fiable. Cet outil peut être utilisé par le KESREF pour mieux valoriser les résultats d'essais (analyse des essais multilocaux), optimiser des stratégies, orienter la sélection et conseiller le développement agricole (KSB, Sucreries).

Le partage des résultats une fois publiés (apports annuels) reste donc primordial. Leur mise en accès dans une base accessible sous certaines conditions, facilite ce partage.

## **Formation à l'approche modélisation**

Mrs C.A. Kirungu a été brièvement formée sur les points suivants: Approche modélisation, Minimum Dataset, Principes de fonctionnement de Mosicas et de sa plateforme, Structure et hiérarchie des données, principes d'alimentations de la base de données, Simulation de base, et Organisation des fichiers de Sortie. Une formation complémentaire plus complète sera effectuée à la Réunion, fin Novembre.

Le modèle et sa plateforme ont été fournis et installés sur l'ordinateur de Mrs C.A. Kirungu.

## Analyses des Milieux (Climats, sols, cycles, variétés,..)

Avant de procéder à un inventaire détaillé des données acquises, une analyse des différents milieux sous culture de canne a été réalisée. Quatre grandes zones cannières peuvent être identifiées :

Zones (Factories) -Stations-	Weather Types (Weather stations)	Soil	Altitude	Crop Cycle Length	Main Varieties (>10°C)
<b>Nyando Zone</b> (Chemelil, Mu horoni) - Kibos-	<b>Sub Humide</b> Kibos et Kisumu airport (KMD),	Heavy clay soil	1150 - 1300	18-24	Co 617, Co421, Co945
<b>Western Zone</b> (Mumias, Nzoia, Busia, W. Kenyan)	<b>Humid</b> Nzoia et Mumias (Usines), Kakamega (KMD)	Ferralsols	1300 - 1650	18-24	Co945, Co421 N14
<b>South Nyanza Zone</b> (SonySugar)	<b>Humid</b>		1450	18-24	CO945 Co421 CB3822 Co1148 EAK70-97
<b>Coastal Zone</b> -Mtwapa-	<b>Semi arid</b> Mtwapa (KARI, KMD)	Sandy soil (Mtwapa) Silty alluvial soil (Tana River)	0-100	12	

From annual report Vol 1. No2 (April 2007) of KESREF

KMD: Kenya Meteorological Department. KARI : Kenya Agricultural Research Institute

## Inventaire des données acquises

Cet inventaire est basé sur les milieux de production, les rapports annuels, les entretiens et les Jeux de données minimum (MDS) nécessaires (Annexe 1).

- Climat. Le tableau ci-dessus montre que des données sont disponibles dans chaque zone. Cependant de nombreux manques ont été constatés. Le KESREF fait partie du réseau national (KMD) mais les données ne sont faciles à acquérir sous forme de fichiers et les réparations ou remplacements d'appareils prennent trop de temps, d'où les manques observés. Les problèmes majeurs rencontrés concernent le rayonnement (qu'il faut estimer à partir de la durée d'ensoleillement) et le PET ou ETP (qu'il faut calculer à partir de nombreuses mesures non complètes ou estimer à partir du bac class A). Ces données sont absolument nécessaires au modèle.

- Sol : Nous n'avons pu trouver de caractéristiques hydriques moyennes (voir MDS, annexe 1) pour les types de sols les plus courants de chaque zone. Ces données moyennes sont nécessaires pour les études de diagnostic et de prédiction de production au niveau du développement agricole. Des études de sol très ponctuelles ont été réalisées dans chaque zone. Une recherche auprès des responsables des sols au KARI et une identification des études de sol locales réalisées semblent nécessaires. De même les propriétés hydriques des sols des essais devront être caractérisées (MDS, annexe 1)

- Observations sur la culture. Les entretiens et la lecture des rapports annuels montrent que des suivis de croissance et développement (levée, tallage, élongation, maturation) ont été effectués dans de nombreuses conditions climatiques. On peut citer les mesures réalisées systématiquement dans les programmes de sélection (levée, tallage, maturation), sur les essais d'irrigation (S. Muturi), sur les essais de dates de plantations et de coupes. Les données de Mr Jamoza concernant de nombreux suivis très détaillés sur plusieurs variétés et sites ne sont pas disponibles actuellement (Phd en cours). Toutes ces données sont extrêmement intéressantes. Elles pourraient être utilisées pour affiner les futurs protocoles de calibration, pour déterminer certains paramètres et les durées de certains stades, et enfin pour la valider le modèle une fois adapté.

La caractérisation et l'utilisation des données environnementales dans l'analyse des résultats agronomiques sont encore insuffisantes. Dans les rapports annuels nous remarquons généralement (excepté l'irrigation) une faible utilisation des données climatiques pour expliquer et surtout quantifier l'impact de l'environnement (climat) sur les résultats agronomiques obtenus.

Les résultats de croissance et développement acquis ne sont pas facilement et rapidement disponibles. Normalement, tous les résultats publiés (rapport annuel) devraient être utilisables par les autres chercheurs sous certaines modalités à définir. Ces mises en commun permettraient une valorisation sous forme de publications.

Les résultats inventoriés ne peuvent servir à l'adaptation complète du modèle. En effet, il n'existe aucun suivi d'indice foliaire (apparition et dimension des feuilles) et de biomasse ou rendement, nécessaires à la calibration. De plus les suivis de hauteurs sont trop tardifs.

## **Données et expérimentations nécessaires (calibration-adaptation)**

Les données plantes existantes n'étant pas suffisantes pour pouvoir calibrer-adapter le modèle, le KESREF devrait mettre en place des expérimentations spécifiques à la modélisation dans des conditions "représentatives" et y obtenir un "minimum data set".

Les conditions représentatives devraient inclure les 2 ou 3 variétés les plus cultivées et deux zones de cultures actuelles ou potentielles aux conditions climatiques contrastées.

Le "minimum data set" pour pouvoir calibrer-adapter le modèle devra sur chaque expérimentation comporter des données climatiques, des caractéristiques hydriques de sol et des observations spécifiques du développement et de la croissance de la canne à sucre (cf annexe 1).

Les résultats de développement et croissance déjà acquis seront nécessaires pour d'une part optimiser les protocoles et plannings d'observation avant mise en place de ces essais et d'autre part valider le modèle après calibration.

## **Travaux à réaliser**

Compte tenu :

- des impératifs de temps dus au stage de Master de Mrs C.A. Kirungu (rapport à rendre avant Juin 2009)
- des données de croissance acquises, insuffisantes pour une calibration-adaptation du modèle
- du temps nécessaire (3-4 ans) pour acquérir les données complètes nécessaires à cette adaptation.

Nous avons retenu que :

Master de Mrs C.A Kirungu (Université de Nairobi, Département d'agrométéorologie)

Le stage de Master de Mrs C.A. Kirungu ne pouvait être réalisé sur la calibration du modèle. Pour ce master, Mrs C.A. Kirungu réalisera une analyse comparative des variabilités des productions et du climat sur le Nucléus de la Nzoia Sugar Company (Kenya Ouest).

Titre : Impacts potentiels de la variabilité climatique sur la production de canne à sucre dans la zone sucrière de Nzoia (Ouest Kenya)

La production est analysée au moyen du rendement (TC/ha ou TC/ha/an) sur le Nucléus de cette zone.

Objectifs : Acquérir les données nécessaires (climat, sol, rendements) et contrôler leur qualité.  
Déterminer les évolutions temporelles et tendances du climat et de la production,  
Déterminer les facteurs climatiques explicatifs de la variabilité des productions  
Déterminer les relations entre ces facteurs climatiques et la production

L'ensemble des données climatiques et de production de la zone de Nzoia est actuellement en cours d'acquisition. Ces données devront subir un contrôle qualité et être formatées aux normes de la base de données du modèle d'ici la mi-Novembre. Un stage de 2 semaines à la Réunion, fin Novembre- début Décembre comportera une formation complémentaire à l'utilisation de Mosicas et au calibrage, l'incorporation des données de Nzoia dans la base de données du modèle, des simulations sur ce jeu de données puis l'exploitation des données de sortie du modèle (indices bioclimatiques).

Pour ce Master, je me suis engagé à être co-superviseur de C. Agosa. Mon rôle consistera à lui fournir toute l'assistance possible concernant l'utilisation du modèle. Le modèle servira d'outil pour produire tous les indices bioclimatiques par stade et globaux.

Les données de croissance et développement déjà acquises sur essais amélioreront la détermination des stades (début,fin) par Mosicas dans les conditions du Kenya..

Calibration-adaptation et validation du modèle de croissance mosicas dans les conditions du Kenya.

Suivant la proposition de Caroline Agosa Kirungu, le KESREF plantera en mars 2009 deux expérimentations pour calibrer-adapter le modèle. Une expérimentation sera implantée à Mtwata en zone côtière chaude à cycle de 12 mois et l'autre sera implantée à Kibos en zone froide à cycle de 18-24 mois.

Ces expérimentations comporteront 2 variétés dont la Co421 et seront réalisées en conditions quasi optimales (absence de maladie, enherbement et stress hydrique). Ces expérimentations dureront une vierge et une repousse, soit 24 mois à Mtwapa et 3 à 4 ans à Kibos.

Les protocoles déjà discutés au cours de cette mission, devront être affinés afin de répondre aux critères du minimum Dataset pour un calage du modèle. (Annexe 1)

Les données de croissance et développement déjà acquises seront nécessaires pour optimiser les protocoles et planning avant Mars et valider le modèle après calibration.

Une thèse entreprise par Mrs C.A.Kirungu est envisagée à l'issue de son Master. Cette thèse portera sur l'adaptation du modèle (calibration) aux conditions du Kenya (variétés et conditions climatiques). Le directeur du Kesref et les responsables du département d'agrométéorologie de l'Université de Nairobi y sont tout à fait favorables. D. Depommier indique qu'un financement (30% d'une thèse normale) est possible par le MAE (Thèse "sandwich"). Ce financement nécessite une inscription dans une Ecole Doctorale française acceptant un document et une soutenance en anglais. Cette possibilité de financement n'a pas été discutée avec la partie Kenyane.

## **Planning des travaux**

	Master	Calibration – Adaptation de Mosaic
2008	- Jusqu'à mi novembre : Acquisition, contrôle qualité et formatage des données sol, climat et production de Nzoia. - Fin Novembre – Début Décembre. Stage de C. Agossa à la Réunion (2 semaines). Intégration des données de Nzoia dans la base de données de Mosaic, simulations et début d'analyse des résultats.	- Jusqu'à mi novembre : Rassemblement des données de sol, de climat, de croissance et de développement déjà acquises à Kibos. - Fin Novembre – Début Décembre : Stage de C. Agossa à la Réunion. Intégration des données de développement acquises (KESREF) dans la base de données de Mosaic, simulations et détermination des stades. Affinage des protocoles de calage. Formation à l'utilisation de Mosaic.
2009	Analyse des données, des résultats de simulation et des relations sur le jeu de données de Nzoia. Ecrir le Rapport. - Juin : rendu du rapport de Master - Septembre Soutenance du stage de Master.	Ecrir des Protocoles et plannings d'observations. Mars : Implantation des deux essais de Mtwapa et Kibos Observations du développement et de la croissance (Mtwapa, Kibos)
2010		Observations du développement et de la croissance (Mtwapa, Kibos) Récolte Mtwapa (12 mois - Vierge) Récolte Kibos (18-24 mois – Vierge)
2011		Observations du développement et de la croissance (Mtwapa, Kibos) Récolte Mtwapa (12 mois – Repousse)
2012		Observations du développement et de la croissance (Kibos) Récolte Kibos (18 mois – Repousse) Calibration et Validation du Modèle

## **Autres collaborations potentielles**

Lors des visites et entretiens, des collaborations liées ou non à la modélisation ont été discutées. Elles complètent les collaborations potentielles citées dans les rapports des précédentes missions.

- Etude comparative du fonctionnement (développement, croissance et maturation) de la variété Co421 dans 4 conditions climatiques très contrastées (zones côtières et d'altitude du Kenya, zones côtières et d'altitude de la Réunion). Les études sur cette variété sont déjà prévues au Kenya dans le cadre de l'adaptation du modèle et à la Réunion dans le cadre du projet de recherche ANR-Delicas. Ce type d'étude est extrêmement rare et original. Il pourrait donner lieu à une publication.
- Etude de la floraison sur canne à sucre. La floraison de la canne à sucre n'est pas incluse dans les modèles de croissance existants. Les cultivars fleurissent difficilement à la Réunion, et la vigueur de la floraison au Kenya pourrait donner lieu à une étude intéressante sur le déterminisme et l'impact de la floraison sur la croissance et le développement.
- Des études sur l'interaction Génotype x Environnement pourraient être initiées. Elles nécessiteront néanmoins d'avoir une comparaison des mêmes variétés.
- Le KESREF dont le germplasm est réduit (environ 300 clones) et très ancien souhaiterait une collaboration dans ce domaine. La fourniture au KESREF de variétés existantes à la Réunion pourrait améliorer l'appui à la sélection de façon traditionnelle et/ou par l'emploi de modèle de croissance.



- Le stage de Master sur la liaison entre les variabilités de production et du climat au niveau de la Nzoia Sugar Company, s'il est probant, pourrait être étendu à d'autres zones sucrières, à une analyse de l'impact de la part du climat sur les baisses de rendement signalées et à une étude sur l'impact potentiel du changement climatique (IPAC).
- Irrigation. Un appui est souhaité (S. Muturi) pour une étude sur le stockage (retenues) et l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation chez les petits planteurs (Outgrowers)
- Les programmes du KESREF sont tout à fait disposés à collaborer à un inventaire-enquête-typologie des exploitations (Outgrowers) possédant de la canne à sucre dans leur systèmes de culture.

## **Conclusions**

Lors de cette mission, la collaboration initiée sur la modélisation a permis :

- de montrer l'intérêt de l'approche modélisation et de son utilisation aux chercheurs du KESREF,
- de mieux préciser un stage de Master pour une jeune scientifique du KESREF,
- de définir les besoins en données pour adapter et utiliser l'outil Modèle
- de recenser les jeux de données existantes et leur disponibilité,
- de proposer un programme et un planning d'expérimentations et d'observations permettant d'adapter le modèle aux conditions du Kenya. Ce programme pourrait déboucher sur une thèse coencadrée par le CIRAD.
- de prévoir une étude originale sur le fonctionnement d'une variété sous quatre conditions climatologies très contrastées, à partir des travaux d'adaptation et de ceux menés à la Réunion ;
- de présenter d'autres collaborations que celles proposées dans les missions précédentes.

## Annexe 1

Données minimum Nécessaires (MDS) pour :

- simuler des potentialités, des tests de stratégie, ... : Climat, Sol, Pratiques et Paramètres cultureux
- simuler des productions et les comparer aux productions réelles (diagnostic de production, ..) : Climat, Sol, Pratiques et Paramètres cultureux + Rendements observés
- évaluer, valider le modèle : Climat, Sol, Pratiques et Paramètres cultureux + Rendements, ... (sur essais)
- adapter-calibrer le modèle : Climat, Sol, Pratiques + Observations sur expérimentations spécifiques, ... (sur essais)

